台灣農作物重要植物菌質體病害研究現況

洪挺軒 [1,2] 林長平 [1]

[1] 國立臺灣大學植物病理與微生物學系
[2] 通訊作者 e-mail: thhung@ntu.edu.tw

摘 要

植物菌質體 (phytoplasma) 是一種無細胞壁的原核生物，也是重要的植物病原菌，可造成 500 種以上的植物病害。它至今仍無法以人工的培養基進行培養，不易進行研究。植物菌質體引起的植物病徵常與植物病毒病害類似，因此被歸類於似病毒病害 (virus-like disease)，主要可藉由無性繁殖 (vegetative propagation) 與媒介昆蟲如葉蟬 (leafhopper)、飛蝨 (planthopper) 及木蝨 (psyllid) 等來傳播。台灣對植物菌質體病害的研究主要著重在診斷鑑定、傳播生態與病菌基因體等方面，近來也擴展至致病機制的探討。目前台灣較重要的植物菌質體病害包括梨衰弱病、木瓜衰弱病、花生簇葉病、絲瓜簇葉病、甘藷簇葉病、泡桐簇葉病及日日春葉片黃化病等，過去水稻黃萎病與甘蔗白葉病也曾嚴重發生。近年來又陸續在柑橘、馬鈴薯、葡萄與蓮霧發現疑似新的植物菌質體病害，但其致病能力仍在持續研究中。

關鍵詞：植物菌質體、似病毒病害、媒介昆蟲

前 言

植物菌質體 (phytoplasma) 是寄生在植物體內的一種無細胞壁的原核生物，可造成 500 種以上的植物病害，爲重要之植物病原菌。其主要寄生於寄主的韌皮部篩管細胞內，在植物寄主上引起的病徵如枝葉增生、葉片變小、植株矮化、萎凋、葉片黃化 (yellowing)、簇葉 (witches' broom)、花器綠化 (virescence) 與花器葉化 (phyllody) 等病徵。此類病原最早是由 Doi 等學者 (1967) 所發現，他們在桑樹矮化病 (mulberry dwarf)、馬鈴薯簇葉病 (potato witches' broom)、翠菊黃萎病 (aster yellows)、泡桐簇葉病 (paulownia witches' broom) 等罹病篩管細胞中，以電子顯微鏡觀察到不具細胞壁的原核生物，外觀與寄生在動物體內之菌質體 (mycoplasmas) 相似，故稱爲似菌質體 (mycoplasma-like organism, MLO) (Doi *et al.*, 1967)，此名稱一直沿用到 1994 年才被正式更名爲 phytoplasma (Schneider *et al.*, 1995)。

由於植物菌質體至今仍無法以人工的培養基進行培養，不易進行研究，其基因特性也有許多待解的謎團。近二十年來隨著分子生物學的發展，相關學者利用植物菌質體的 16S rRNA (16S ribosomal RNA) 基因序列進行親緣性分析，認爲植物菌質體應歸屬於革蘭氏陽性細菌 (Gram-positive bacteria) 之 Mollicutes 綱，而

且與同一綱之 *Acholeplasma*、*Anaeroplasma* 及 *Asteroplasma* 三個屬的親緣關係較近，與 *Mycoplasma* 及 *Spiroplasma* 的親緣關係則較遠 (Lim & Sears, 1992; Schneider *et al.*, 1993)。爾後 Lee 等學者進一步依據各種植物菌質體的 16S rRNA 基因之 PCR 增幅片段進行「限制酵素酵解片段長度多型性 (restriction fragment length polymorphism, RFLP)」，依其差異將植物菌質體分群，稱爲 16Sr group。到 2006 年爲止，植物菌質體被分成 28 群，並有 40 個以上的亞群 (subgroups) (Lee *et al.*, 2006)。

植物菌質體可藉由無性繁殖體與媒介昆蟲如葉蟬 (leafhopper)、飛蝨 (planthopper) 或木蝨 (psyllid) 等來傳播 (Weintraub & Beanland, 2006; 陳, 2011)。一般而言，植物菌質體的媒介昆蟲幾乎都屬永續性 (persistent) 的帶菌方式，或稱爲循環性 (circulative) 帶菌，亦即媒介昆蟲取食時，植物菌質體會經口針、食道進入腸道，隨後附著並侵入腸道表皮細胞 (epithelial cells) 並可增殖，再進入血體腔 (hemocoel)，轉移至唾腺細胞 (salivary glands) 或其他組織。在唾腺細胞可繼續增殖，當媒介昆蟲取食其他植物寄主時，唾腺中的植物菌質體便可經由口針傳到健康植物上 (Hogenhout *et al.*, 2008)。在蟲體中由獲菌到可以開始傳播植物菌質體之潛伏期依植物菌質體種類之不同有頗大差異，從 7-80 天不等，而且會受到溫度的影響，這些傳播生態的特性與病害防治的成效經常息息相關。

在植物菌質體病害的防治上，首重使用無菌的種苗，再配合移除病株與中間寄主，並以殺蟲劑來防治媒介昆蟲，可防止病害傳播。多年生的高經濟價值罹病作物，可考慮注射四環黴素類的抗生素來減緩病徵，但要注意藥害問題並需進行整體效益評估。

台灣重要的植物菌質體病害之研究概況

目前台灣較重要的植物菌質體病害包括梨衰弱病、木瓜衰弱病、花生簇葉病、絲瓜簇葉病、甘藷簇葉病、泡桐簇葉病及日日春葉片黃化病等，過去水稻黃萎病與甘蔗白葉病也曾嚴重發生，簡要將這些病害的研究概況分述如下：

1. 梨衰弱病 (pear decline, 病原屬於 16SrII & 16SrX groups)

於 1994 年 6 月起首次在台灣中部梨樹栽培區發現，台大植物細菌學研究室證實此病害係由屬於 16SrX group 與 16SrII group 之台灣梨衰弱病菌質體 (PDTW 與 PDTW II) 所引起，隨後並陸續開發出多項 PCR 檢測技術，其中包括 specific booster PCR、multiplex PCR、nested PCR 與 PCR-RFLP 等，可供田間罹病梨株、媒介昆蟲及梨接穗之病原菌檢測 (劉, 2007a)。

爲調查病原的季節消長情況，自 2002 年起進行歷時 3 年之各月份罹病梨樹中 phytoplasma 之 PCR 偵測調查，結果顯示罹病梨樹中之檢出率於春季 3-5 月間開始上升，夏季 6-9 月間爲病原菌檢出率最高，而冬季落葉期之檢出率則降爲零。

藉由中國梨木蝨 (*Cacopsylla chinensis*) 的獲菌與傳菌試驗，證實 PDTW phytoplasma 以及 PDTW II phytoplasma 皆能由中國梨木蝨傳播至梨株；田間罹病梨株枝條可藉由菟絲子將 PDTW phytoplasma 及 PDTW II phytoplasma 傳至日

日春植株，以便於後續之研究。此外，針對罹病梨樹、黔梨木蝨 (*Cacopsylla qianli*) 及中國梨木蝨進行穿透式電子顯微鏡切片觀察，分別於植物之韌皮部薄壁細胞、篩管以及二種蟲體之腸壁組織中，皆觀察到植物菌質體 (劉, 2007b)。

2. 木瓜衰弱病 (papaya dieback, 病原屬於 16SrXII group)

約自 2003 年起，屏東地區木瓜植株出現葉片黃化、葉柄下垂、樹勢衰弱甚而枯死等病徵，經證實是由植物菌質體 (phytoplasma) 所引起 (Bau, 2005; 蘇等, 2006)。罹病木瓜維管束組織內可見疑似植物菌質體的細胞，以 phytoplasma 16S rRNA 基因序列專一性引子進行 PCR，可增幅出預期的 DNA 片段 (556-bp)，經序列分析發現與目前已記載感染木瓜的植物菌質體的數條核苷酸序列有很高的相似度，包括以色列的 papaya phytoplasma (相似度 84.2%)、古巴的 papaya Stolbur phytoplasma (相似度 96.6%)、papaya mosaic phytoplasma (相似度 90.5%) 和 papaya yellow crinckle phytoplasma (相似度 90.5%)。另外與澳洲的 papaya die-back phytoplasma (相似度 98.4%)，推論此木瓜菌質體在分類地位上應屬於Stolbur group (16SrXII)。在感病園區收集到之菱紋葉蟬 (*Hishimonus sellatus*) 及二點葉蟬 (*Cicadulina bipunctella*)，同樣可以偵測到相同的 DNA 片段及序列，因此推論二者極有可能爲其媒介昆蟲。

3. 花生簇葉病 (peanut witches' broom, 病原屬於 16SrII group)

花生簇葉病 (peanut witches' broom, PNWB) 在台灣首先於澎湖及苗栗兩地被發現，目前也可在台灣其他地區發現，其病原經鑑定後，確定是由植物菌質體所引起之病害 (Yang, 1988)。花生罹病株初期呈現花器綠化與節間縮短等病徵，後期則呈黃化、矮化及簇葉。在較低溫季節，病徵較不明顯。在幼苗期感病者，因不能正常開花而無法結實；成株感染者，莢果之質量均差。一般認爲南斑葉蟬 (*Orosius orientalis*) 爲主要的媒介昆蟲，山土豆、賽珠豆、澤苦菜及紫背草可能是其中間寄主。南斑葉蟬在 5-6 月及 9-10 月之密度最高，11 月至翌年 2 月間密度最低。種植前做好清園的工作，種植後預防南斑葉蟬的感染是防治的重點。

花生簇葉病植物菌質體是台灣特殊的植物病原之一，數年來台大植物細菌學研究室率先建立分子檢測技術 (陳, 1994)，且在其基因體的選殖上有很卓著的成果，包括 group II intron (蔡, 2007)、dnaB1/dnaG 基因 (黃, 2007)、rpsT/serS/hflB 基因 (呂, 2009) 等；也發現花生簇葉病菌質體具有一環型質體 (plasmid) pPNWB (魏, 2002)，也發現 pPNWB 之套組數爲一變動值 (李, 2008)。

4. 絲瓜簇葉病 (loofah witches' broom, 病原屬於 16SrVIII group)

絲瓜簇葉病於 1972 年在屏東縣高樹鄉首度發現，經電子顯微鏡觀察發現係由植物菌質體所引起，當時是世界上第一個瓜類植物菌質體病害的新紀錄。爾後又陸續發生鄃瓜、苦瓜、梨瓜、南瓜、冬瓜等瓜類也發生簇葉病，經試驗證實台灣田間各種瓜類簇葉病可能是由同一病原所引起，而菱紋葉蟬 (*Hishimonus sellatus*) 是共同傳播媒介，獲毒飼食時間最短爲 4 小時，經飼食 48 小時可達帶病原最高峰。傳病飼食時間最短爲 1 小時，經飼食 48 小時，可達傳病最高峰，媒介昆蟲獲病原後，呈永續性。以電子顯微鏡觀察帶病原之媒介昆蟲，在體液、唾腺、消化管等部位皆可發現病原 (楊, 1984)。在病原的偵測上，台大植物病毒

研究室曾製備單元抗體供診斷之用 (千, 1986)，爾後亦研發核酸探針與 PCR 等分子檢測技術 (關, 1996)。

在絲瓜簇葉病植物菌質體的基因選殖方面，台大植物學研究所著力甚深，包括 tuf、16S rRNA、23S rRNA、5S Rrna 及二個 tRNA 基因 (tRNAVal 基因，tRNAAsn 基因) 都已選殖出來。

5. 甘藷簇葉病 (loofah witches' broom, 病原屬於 16SrII group)

罹病甘藷顯現小葉叢生、節間縮短、枝葉細小、花器葉化等病徵，而塊根萎縮甚至不結薯塊，對品質及產量之影響很大。本病可經由帶病薯苗、嫁接、塊根心接等方式傳染，田間也有南斑葉蟬 (*Orosius orientalis*) 可媒介傳播。除甘藷外，甘藷屬的牽牛花、馬麻藤、白花牽牛及長春草等植物可做為病原的中間寄主，也是防治上容易疏漏之處。病害診斷上，台大植物細菌學研究室早期即已建立抗體偵測技術 (沈, 1992) 與核酸探針 (柯, 1993) 可供應用。防治方法上，首先應清除田間的越年的病株與中間寄主，發病區應全面剷除舊宿根，使用健康種苗，應用藥劑防治南斑葉蟬，並與其他作物輪作 (楊, 1989)。

6. 泡桐簇葉病 (paulownia witches' broom, 病原屬於 16SrI group)

泡桐簇葉病屬林木病害，其病徵包括分枝叢生，葉片變小而軟弱，葉色呈淡黃綠色，罹病的泡桐樹，樹枝有徒長現象，變得較弱，易受瘡痂病及露菌病等病原菌之侵入。簇生的分枝常在一年內發生枯枝現象，病樹自第二年起即停止生長，且當年冬天及翌年春天多枯死。此病害可藉由無性繁殖泡桐植株而廣為傳播，為害更為嚴重，成為泡桐生產之限制因子。中國與日本發表菸草盲椿象 (*Cyrtopeltis tenuis*)、茶翅椿象 (*Halyomorpha mista*) 和小綠葉蟬 (*Empoasca flavescens*) 是此病的媒介昆蟲，但在台灣尚未完整證實。台大植物病毒研究室曾製備單元抗體供診斷之用 (千, 1986)，近年來農委會林業試驗所開發台灣泡桐簇葉病擬菌質體之核酸診斷探針及 PCR 快速檢測技術建立，對病原偵測以可達快速而準確，並加速泡桐抗病品種方面之研究。

7. 日日春葉片黃化病 (periwinkle leaf yellowing, 病原屬於 16SrI group)

本病為近年來新發現的植物菌質體病害。於 2005 年在桃園縣大園鄉之園藝花卉栽培區陸續發現疑似植物菌質體感染所造成之日日春病害，依罹病植株所呈現之葉片黃化、簇葉、花器葉化等病徵，將其命名為日日春葉片黃化病 (periwinkle leaf yellowing, PLY) (黃, 2009)，研究證實罹病植株體內之病原乃屬於第一群 (16SrI group) 植物菌質體。台大植物細菌學研究室進一步研究發現當地有四種葉蟬可攜帶 PLY phytoplasma，分別為東方二叉葉蟬 (*Macrosteles orientalis* Vilbaste)、二點透翅角頂葉蟬 (*Cicadulina bipunctella*)、黑點角頂葉蟬 (*Phlogotettix cyclops*) 以及二室葉蟬 (*Balclutha* sp.)，且以東方二叉葉蟬的帶菌率與帶菌量都最高，推斷其為主要之媒介昆蟲。

8. 水稻黃萎病 (rice yellow dwarf, 病原屬於 16SrXI group)

水稻黃萎病曾是台灣重要水稻病害之一，但近 20 年來已趨於輕微。主要危害二期稻作，罹病稻株明顯矮化，分蘗增多，葉片呈淡黃色。在分蘗後期被感染之水稻，病徵不明顯，僅少數分蘗莖比正常者為短。病株往往不能抽穗，即使能

抽穗，稔實亦欠佳。收割後之再生稻有典型之黃化現象。本病病原係由僞黑尾葉蟬 (*Nephotettix cincticeps*)、黑條黑尾葉蟬 (*N. nigropictus*) 與台灣黑尾葉蟬 (*N. virescens*) 等媒介傳播。預防本病之發生除應注意田間衛生、好發病地區可延後種植期，於二期稻秧苗期可利用殺蟲劑防治黑尾葉蟬可減輕發病程度 (陳, 1978)。

9. 甘蔗白葉病 (sugarcane white leaf, 病原屬於 16SrXI group)

甘蔗白葉病過去曾是台灣甘蔗重要病害之一，近年來較不嚴重，目前亞洲地區以泰國危害較多。蔗株感染本病時，葉片會產生一至數條黃白色條斑，沿葉脈由葉基部延伸至葉緣，嚴重時全葉變白。發病較輕者，於低溫時病徵可呈潛伏，但至夏季 6-7 月高溫多濕時，新葉及分蘗再度表現白葉病徵。秋冬乾燥時期，病株葉片多呈枯黃現象，逐漸枯死。由病蔗採苗是本病主要傳播途徑，田間由臺灣斑紋葉蟬 (*Matsumuratettix hiroglyphicus*) 進行二次傳染，媒介昆蟲屬永續性傳播 (松本等, 1968)。防治上除了確實執行健康種苗策略外，應機動迅速拔除病株，而嚴重疫區應建議改爲晚秋植 (9 月下旬以後種植) 及春植，避開臺灣斑紋葉蟬高峰期。

10. 植物菌質體致病機制的探討

台大植物細菌學研究室利用差異性顯示法 (differential display, DD) 技術獲得日日春 PnWB 感染花生簇葉病植物菌質體後表現具有差異性的 mRNA，並完成 64 個 Cdna 片段之選殖，以 real-time PCR 做進一步分析，顯示 7 個基因之表現具差異性。再從其中獲得 3 個基因之 cDNA 全長序列，並加以比對以確認基因名稱，分別爲 ML domain protein gene, eukaryotic translation initiation factor SUI1 gene 及 plastidic aldolase gene，其功能分別與植物先天性免疫反應 (innate immune response)、逆境反應 (stress response) 與光合作用 (photosynthesis) 相關 (陳, 2011)。

另外，爲了探討植物菌質體感染之後植物花器病徵造成的原因以及對植物菌質體生長之意義，利用同步聚合酵素連鎖反應之相對定量方法，分析日日春葉片黃化病植物菌質體及花生簇葉病植物菌質體罹病日日春，於花形變化三階段之花形決定基因 B class AP3 及 PI、 C class AG 及 E class SEP3 與花色決定基因 chalcone synthase 基因 (CHS) 及 chalcone isomerase 基因 (CHI) 等各基因表現量之變化。結果發現，日日春受植物菌質體感染後，花器形態及花色的改變與花形及花色決定基因表現量之下降有關，且植物菌質體之感染造成日日春花器形態之改變，有利於植物菌質體在罹病植株中族群量之增加 (蘇, 2010)。

近年來新發現的疑似植物菌質體病害

1. 柑橘

近來國內外皆發現柑橘類寄主受植物菌質體感染的疑似病例，爲釐清其病原性，進行下列試驗。將有植物菌質體 (花生簇葉病與日日春葉片黃化病植物菌質體) 感染的日日春利用菟絲子傳入柑株上，試驗期間確認每株柑株上的菟絲子確有病原，在菟絲子上可測到有高濃度的植物菌質體並且穩定存在，可一直提供植物菌質體傳入柑株。而經由菟絲子傳入後的三個月開始逐月定期做監測，在爲期

一年的定期追蹤柑株內菌質體的消長結果顯示，菌質體確實可進入柑株內，多種柑株品種皆可感染，但其可測到菌質體存在的時間要半年且需以巢式 PCR 才可以增幅出預期的片段，即表示在柑株內的菌質體濃度極低，需經兩次的 PCR 才得以增幅出預期條帶；在一年期間的追踪觀察，菌質體進入柑株後並不能持續性的存在，大多柑株在菌質體進入後又消失，可能原因爲在柑株內的菌質體族群量極低而無法以巢式 PCR 偵測到，也可能是試驗期間溫室內高溫而影響或者柑株並不爲菌質體的適合寄主而無法持續性存在，在這些柑株上並無呈現任何病徵狀，柑株生長良好呈健康狀。

另一方面進行田間植物菌質體感染柑橘的調查，共檢測在屏東的檸檬、大溪地萊姆、四季桔等 100 個樣本；嘉義地區的柳橙、白柚及茂谷柑等 74 個樣本；雲林地區的文旦柚、白柚及椪柑等 68 個樣本及新竹地區的 37 個桶柑樣本。將樣本抽取核酸後以巢式 PCR 進行偵測僅有二例可檢測出菌質體。其一爲雲林斗六的文旦柚，另一爲屏東的萊姆樣本，但病徵皆不明顯。由以上的試驗結果得知，柑株內的植物菌質體扮演低病原性角色且大多進入柑株後又消失，以極微量存在且無病徵表現，初步判斷對柑橘的產業較無破壞性的影響。

2. 馬鈴薯、葡萄與蓮霧

近來於雲林斗六地區發現馬鈴薯發生嚴重黃化、矮化病徵，以植物菌質體特異性引子對進行巢式 PCR，可增幅出特異性片段，證實受植物菌質體感染；另於南投信義地區發現葡萄發生嚴重黃化、葉緣焦枯的病徵，PCR 偵測也證實受植物菌質體感染，序列分析發現屬於 16SrXII group；又於嘉義梅山地區發現蓮霧發生嚴重葉片黃化、再生葉縮小、植株生長衰退等病徵，PCR 偵測也證實受植物菌質體感染，序列分析發現屬於 16SrI group。進一步觀察發現馬鈴薯每年發生植物菌質體感染情況有所差異，發病薯田常呈現幾乎全面罹病情況，推論可能是種薯帶原而導致。對罹病的葡萄與蓮霧進行終年定期追蹤，發現春末初夏期間才容易測到病原，其餘季節 (尤其冬季) 幾乎難以測到，因此這些植物菌質體的致病力仍有待進一步試驗來證實。

引用文獻

李芷芸。2008。利用 real-time PCR 進行花生簇葉病菌質體質體 pPNWB 套組數之測定與台灣梨衰弱病菌質體之檢測。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。

呂沛穎。2009。花生簇葉病菌質體 rpsT, serS 與 hflB 基因之選殖與分析。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。

沈偉強。1992。甘藷簇葉病病原似菌質體單元抗體之製備與應用。台灣大學植物病蟲害學研究所碩士論文。

松本巍、李敬修、鄧文盛。1986。臺灣甘蔗白葉病之研究 - 臺灣斑紋浮塵子之傳播。植物保護學會會刊 10: 3-10。

柯曉芝。1993。甘薯簇葉病病原似菌質體核酸探針之製備與應用。台灣大學植物病蟲害學研究所碩士論文。

陳妙帆。1994。花生簇葉病病原似菌質體核酸探針之製備及應用。台灣大學植物

病蟲害學研究所碩士論文。
陳泠伶。2010。日日春葉片黃化病植物菌質體之質體選殖與分析。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
陳武揚。2011。日日春受花生簇葉病質物菌質體感染後基因表現差異性研究。 台灣大學植物病理學研究所博士論文。
黃耀徵。2009。日日春葉片黃化病之病原植物菌質體與其媒介昆蟲之探討。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
黃婷榆。2009。花生簇葉病菌質體 dnaB1 和 dnaG 基因之選殖與分析。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
程諭揚。2010。植物菌質體之優勢免疫膜蛋白基因 imp, idpA 與 amp 之選殖與分析。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
楊一郎。1989。甘藷病害。台灣農家全書。行政院農業委員會出版。台北。164 頁。
楊秀吉。1984。台灣瓜類作物擬菌質病害之研究。台灣大學植物病蟲害學研究所博士論文。
陳慶忠。1978。水稻黃萎病之流行學。「水稻病蟲害：生態學與流行學」研討會講稿集 (邱人璋編)。農復會編印。台北。第 139-166 頁。
蔡孟旅。2010。日日春葉片黃化病植物菌質體核醣體 RNA, rplV-rpsC, secY 與 tuf 基因之譜系分析。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
蔡涵雅。2007。花生簇葉病菌質體 group II intron 之選殖與分析。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
劉秀玲。2007a。台灣梨衰弱病之病原與其媒介昆蟲之探討。台灣大學植物病理學研究所博士論文。
劉淑玲。2007b。台灣梨衰弱病二種植物菌質體之探討。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
魏慧珍。2002。以逢機定序策略探討花生簇葉病病原菌質體之基因體 DNA。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
關政平。1996。絲瓜簇葉病擬菌質之核酸探針製備，PCR 技術開發與應用。台灣大學植物病蟲害學研究所博士論文。
蘇秋竹、楊文仁、高清文。2006。台灣地區木瓜莖頂枝葉枯萎病發生報導。植物病理學會刊 15: 301。
蘇意婷。2010。植物菌質體罹病日日春花器葉片化、綠化之病徵發展及花形、花色決定基因之變化與植物菌質體菌量之關係。台灣大學植物病理學研究所碩士論文。
Bau, H. J., Y. K. Chen, and S. D. Yeh. 2005. Occurrence of phytoplasma infection in papaya. Annual meeting of Taiwan Phytopathology Society. (Abstract)
Doi, Y., M. Teranaka, K. Yora, and H. Asuyama. 1967. Mycoplasma- or PLT group-like microorganisms found in the phloem elements of plants infected with mulberry dwarf, potato witches' broom, aster yellows, or paulownia witches' broom. Ann. Phytopathol. Soc. Japan 33: 259-266.
Hogenhout, S. A., K. Oshima, E. -D. Ammar, S. Kakizawa, H. N. Kingdom, and S.

Namba. 2008. Phytoplasmas: bacteria that manipulate plants and insects. Mol. Plant Pathol. 9: 403-423.

Lee, I. -M., K. D. Bottner, G. Secor, and V. Rivera-Varas. 2006. '*Candidatus* Phytoplasma americanum', a phytoplasma associated with a potato purple top wilt disease complex. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 56: 1593-1597.

Lim, P. O. and B. B. Sears. 1992. Evolutionary relationships of a plant-pathogenic mycoplasma-like organism and *Acholeplasma laidlawii* deduced from two ribosomal protein gene sequences. J. Bacteriol. 174: 2606-2611.

Schneider, B., U. Ahrens, B. C. Kirpatric, and E. Seemüller. 1993. Classification of plant-pathogenic mycoplasma-like organisms using restriction-site analysis of PCR-amplified 16S rDNA. J. Gen. Microbiol. 139: 519-527.

Schneider, B., E. Seemüller, C. D. Smart, and B. C. Kirkpatrick. 1995. Phylogenetic classification of plant pathogenic mycoplasma-like organisms or phytoplasmas. pp. 369-380 *in* the Molecular and Diagnostic Procedures in Mycoplasmology. Vol. 1, S. Razin and J. G. Tully, eds. Academic Press, San Diego, CA.

Weintraub, P. G. and L. Beanland. 2006. Insect vectors of phytoplasmas. Annu. Rev. Entomol. 51: 91-111.

Yang, I. L. 1988. Witches' broom diseases of sweet potato and peanut in Taiwan. Ph. D. Thesis. Hokkanido Univ. Japan.

Current status on important crop diseases induced by phytoplasmas in Taiwan

Ting-Hsuan Hung [1, 2] and Chan-Pin Lin[1]

[1] Dept. of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University, Taipei, Taiwan
[2] Corresponding author, e-mail: thhung@ntu.edu.tw

Abstract

Phytoplasmas are prokaryotic organisms that have no cell walls. They are important plant pathogens causing more than 500 plant diseases. The pathological studies of phytoplasmas are hampered because they have not yet been successfully cultured *in vitro* so far. They were categorized as the "virus-like diseases" based on the fact that the symptoms they induced were usually similar to those induced by plant viruses. Phytoplasmas are mainly transmitted through vegetative propagations and by insect vectors such as leafhoppers, planthoppers and psyllids. The researches on phytoplasma-caused diseases in Taiwan were focused on their diagnoses, ecology and genomics. The investigation of pathogenesis of phytoplasma diseases was recently initiated. Currently important phytoplasma diseases occurring in Taiwan include pear decline, papaya dieback, peanut witches'-broom, loofah witches'-broom, sweet potato witches'-broom and periwinkle leaf yellowing. Rice yellow dwarf and sugarcane white leaf were severe diseases years ago. Recently, several disorders similar to phytoplasma-associated cases were discovered in citrus, potato, grape and wax apple plants, but the confirmation of their pathogeneses on their respective hosts are under investigation.

Keywords: phytoplasma, virus-like diseases, insect vectors